

PCT
WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro
INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)



| | | |
|---|-----------|---|
| (51) Internationale Patentklassifikation 5 : G02F 1/1343, 1/133 | A1 | (11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 91/10936 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 25. Juli 1991 (25.07.91) |
|---|-----------|---|

(21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/EP91/00022**
(22) Internationales Anmeldedatum: **9. Januar 1991 (09.01.91)**
(30) Prioritätsdaten:
P 40 00 451.1 9. Januar 1990 (09.01.90) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US):
FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V.
[DE/DE]; Leonrodstraße 54, D-8000 München 19 (DE).

(72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US) : **BAUR, Günter [DE/DE];**
Waldhofstraße 8d, D-7800 Freiburg (DE). **FEHRENBACH, Waltraud [DE/DE];**
Kleiststraße 8, D-7830 Emmendingen (DE). **STAUDACHER, Barbara [DE/DE];**
Eugen Lacroixstraße 11, D-7637 Ettenheim (DE). **WINDSCHEID, Friedrich [DE/DE];**
Etmattenstraße 24, D-7800 Freiburg-Tiengen (DE). **KIEFER, Rudolf [DE/DE];**
Im Gottesacker 20, D-7801 Vörstetten (DE).

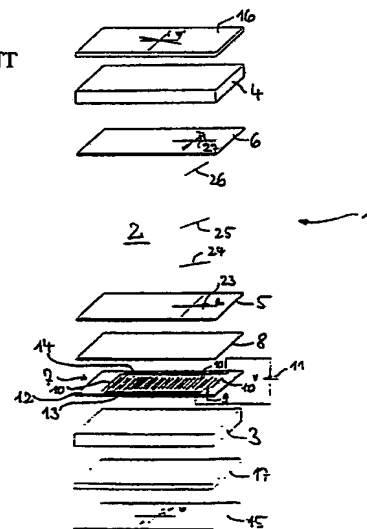
(74) Anwalt: **KRAUS, Walter; Kraus, Weisert & Partner, Thomas-Wimmer-Ring 15, D-8000 München 22 (DE).**

(81) Bestimmungsstaaten: AT (europäisches Patent), BE (europäisches Patent), CH (europäisches Patent), DE (europäisches Patent), DK (europäisches Patent), ES (europäisches Patent), FR (europäisches Patent), GB (europäisches Patent), GR (europäisches Patent), IT (europäisches Patent), JP, LU (europäisches Patent), NL (europäisches Patent), SE (europäisches Patent), US.

Veröffentlicht
*Mit internationalem Recherchenbericht.
Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist. Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.*

(54) Title: **ELECTRO-OPTICAL LIQUID CRYSTAL SWITCH ELEMENT**

(54) Bezeichnung: **ELEKTROOPTISCHES FLÜSSIGKRISTALLSCHALTELEMENT**



(57) Abstract

An electro-optical liquid crystal switch element comprises a liquid crystal layer and a re-orientation device for re-orienting the liquid crystal layer in an actual orientation in which the electro-optical liquid crystal switch element has a different light transmission. The re-orientation device comprises a field-generating structure for generating the electric field which causes the re-orientation. The electric field generated by the field-generating structure has a field component essentially parallel to the liquid crystal layer. The liquid crystal has a twistable structure and the amount of light transmitted by the liquid crystal depends on its degree of twist. The liquid crystal is anchored in an output orientation in which it is twisted or untwisted and its twist axis remains perpendicular or essentially perpendicular to the liquid crystal layer. The field component of the re-orientation direction, which is essentially parallel to the liquid crystal layer, can be varied so that the degree of twist of the liquid crystal can be varied by setting a different degree of transmission.

(57) Zusammenfassung Mit der Erfindung wird ein elektrooptisches Flüssigkristallschaltelement zur Verfügung gestellt, das eine Flüssigkristallschicht und eine Umorientierungseinrichtung zum Umorientieren der Flüssigkristallschicht in eine aktuelle Orientierung, in welcher das elektrooptische Flüssigkristallschaltelement eine veränderte Lichttransmission hat, aufweist. Die Umorientierungseinrichtung umfaßt eine felderzeugende Struktur zum Erzeugen eines die Umorientierung bewirkenden elektrischen Feldes. Das elektrische Feld der felderzeugenden Struktur hat eine überwiegend parallel zur Flüssigkristallschicht ausgerichtete Feldkomponente. Dieses Flüssigkristallschaltelement ist so aufgebaut, daß der Flüssigkristall eine verdrillbare Struktur aufweist und der Betrag an Lichttransmission durch den Flüssigkristall von dessen Verdrillungsgrad abhängt; daß der Flüssigkristall in einer Ausgangsorientierung verankert ist, in welcher er sich in unverdrilltem oder verdrilltem Zustand befindet und seine Verdrillungsachse senkrecht oder im wesentlichen senkrecht zur Flüssigkristallschicht bleibt; und daß die überwiegend parallel zur Flüssigkristallschicht ausgerichtete Feldkomponente der Umorientierungsrichtung derart veränderbar ist, daß damit zur Einstellung unterschiedlicher Transmissionsgrade der Verdrillungsgrad des Flüssigkristalls verändert wird.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Code, die zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

| | | | | | |
|----|--------------------------------|----|-----------------------------------|----|--------------------------------|
| AT | Österreich | ES | Spanien | MG | Madagaskar |
| AU | Australien | FI | Finnland | ML | Mali |
| BB | Barbados | FR | Frankreich | MN | Mongolei |
| BE | Belgien | GA | Gabon | MR | Mauritanien |
| BF | Burkina Faso | GB | Vereinigtes Königreich | MW | Malawi |
| BG | Bulgarien | GN | Guinea | NL | Niederlande |
| BJ | Benin | GR | Griechenland | NO | Norwegen |
| BR | Brasilien | HU | Ungarn | PL | Polen |
| CA | Kanada | IT | Italien | RO | Rumänien |
| CF | Zentrale Afrikanische Republik | JP | Japan | SD | Sudan |
| CG | Kongo | KP | Demokratische Volksrepublik Korea | SE | Schweden |
| CH | Schweiz | KR | Republik Korea | SN | Senegal |
| CI | Côte d'Ivoire | LI | Liechtenstein | SU | Sowjet Union |
| CM | Kamerun | LK | Sri Lanka | TD | Tschad |
| DE | Deutschland | LU | Luxemburg | TG | Togo |
| DK | Dänemark | MC | Monaco | US | Vereinigte Staaten von Amerika |

Elektrooptisches Flüssigkristallschaltelement

Die Erfindung betrifft ein elektrooptisches Flüssigkristallschaltelement, umfassend eine Flüssigkristallschicht und eine Umorientierungseinrichtung zum Umorientieren der Flüssigkristallschicht in eine aktuelle Orientierung, in welcher
5 das elektrooptische Schaltelement eine veränderte Lichttransmission hat, wobei die Umorientierungseinrichtung eine felderzeugende Struktur zum Erzeugen eines die Umorientierung bewirkenden elektrischen Feldes umfaßt und wobei das elektrische Feld der felderzeugenden Struktur eine über-
10 wiegend parallel zur Flüssigkristallschicht ausgerichtete Feldkomponente hat.

Ein elektrooptisches Flüssigkristallschaltelement der vorstehend genannten Art ist aus US-A-3 854 751 bekannt. Bei
15 diesem Flüssigkristallschaltelement werden mit der felderzeugenden Struktur zwei elektrische Felder erzeugt, von denen das eine eine überwiegend parallel zur Flüssigkristallschicht ausgerichtete Feldkomponente hat, während das andere eine überwiegend senkrecht zur Flüssigkristallschicht ausgerichtete Feldkomponente besitzt, wobei der Flüssigkristall
20 mit dem einen elektrischen Feld in den Zustand minimaler Lichttransmission und mit dem anderen elektrischen Feld in den Zustand maximaler Lichttransmission geschaltet wird, indem die optische Achse des Flüssigkristalls durch das eine
25 elektrische Feld senkrecht zur Flüssigkristallschicht und durch das andere elektrische Feld parallel zur Flüssigkristallschicht ausgerichtet wird. In den Fällen, in denen kompensierte colesterische Flüssigkristalle verwendet werden, die sich bei Abwesenheit von elektrischen Feldern spon-

tan so orientieren, daß ihre optische Achse senkrecht zur Flüssigkristallschicht ausgerichtet ist, wird gegebenenfalls auf das eine elektrische Feld verzichtet, obwohl es nach US-A-3 854 751 auch in diesen Fällen zu bevorzugen ist, 5 beide Felder zu verwenden, weil die Eigenausrichtungszeit der sich selbst orientierenden Flüssigkristalle relativ groß und damit sehr ungünstig ist.

Auch aus DE 24 59 533 A1 und DE 23 58 581 B2 sind elektro- 10 optische Flüssigkristallschaltelemente bekannt, die eine Umorientierungseinrichtung mit einer felderzeugenden Struktur aufweisen, deren elektrisches Feld eine überwiegend parallel zur Flüssigkristallschicht ausgerichtete Feldkomponente hat. In dem Flüssigkristallschaltelement nach DE 23 28 581 B2 15 werden jedoch ähnlich wie in demjenigen nach US-A 2 854 751 zwei zueinander senkrechte elektrische Felder erzeugt, um die optische Achse des Flüssigkristalls in zwei senkrecht zueinander verlaufende Orientierungen auszurichten, von denen die eine parallel und die andere senkrecht zur Flüssig- 20 kristallschicht verläuft. Diese Art der Umorientierung der optischen Achse des Flüssigkristalls erfolgt auch in dem Flüssigkristallschaltelement gemäß DE 24 59 533 A1, wobei aber die zwangsweise Ausrichtung der optischen Achse des Flüssigkristalls senkrecht zur Flüssigkristallschicht mittels homöotroper Randorientierung des Flüssigkristalls er- 25 folgt.

Schließlich ist auch aus WO 84/04601 in Verbindung mit einem Flüssigkristall eine kammartige felderzeugende Struktur be- 30 kannt, deren Feld eine überwiegend parallel zur Flüssigkristallschicht ausgerichtete Feldkomponente hat. Bei der Einrichtung nach dieser Druckschrift handelt es sich jedoch um einen Lichtleiter, bei dem die Lichtauskopplung durch

eine Änderung des effektiven Brechungsindex des aus dem Flüssigkristall bestehenden Kerns oder der von dem Flüssigkristall gebildeten Umhüllung mittels der felderzeugenden Struktur gesteuert wird.

5

Aus JP 1-33521 (A) in Pat. Abstr. Jap. P-875, 23.05.89 Vol. 13 No. 219 ist es im übrigen bekannt, Elektroden in parallelen Ebenen anzuordnen, jedoch zu dem Zweck, einen speichernden Streuzustand in einem optischen Flüssigkristallmodulator zu erzeugen.

10

Weiter sind aus JP 1-179912 (A) in Pat. Abstr. Jap. P 946, 18.10.89, Vol. 13 No. 460 und JP 1-161217 (A) in Pat. Abstr. Jap. P-936, 25.9.89, Vol. 13 No. 428 Flüssigkristallanzeigeelementkomponenten bekannt, die dazu dienen, den Sperrzustand eines Displays zu verbessern, wobei verdrillte Flüssigkristalle mit einer bestimmten Ausrichtung verwendet werden. Außerdem beschreibt JP 1-44422 (A) in Pat. Abstr. Jap. P-880, 7.6.89, Vol. 13 No. 242 ein Flüssigkristallanzeigeelement, bei dem der nematische Flüssigkristall eine Orientierung mit einem Anstellwinkel von 20° bis 30° hat. Es handelt sich dabei jedoch um eine konventionelle Flüssigkristallstruktur, bei der durch Anlegen eines elektrischen Feldes die optische Achse des Flüssigkristalls zwischen einer zur Flüssigkristallschicht parallelen und senkrechten Richtung umgeschaltet wird.

15

20

25

Endlich sind aus GB 1 506 570 und JP 54-17756 (A) in Pat. Abstr. Jap. E-101, 30.3.79, Vol. 3 No. 38 Flüssigkristallanzeigeeinrichtungen mit optischem Kompensator oder Reflektor sowie mit dichroitischen Farbstoffen bekannt.

30

Weitere bekannte elektrooptische Flüssigkristallschalte-

mente sind beispielsweise von M. Schadt und F. Leenhouts in "Appl. Phys. Lett.", Vol. 50, Seite 236 ff. (1987), sowie von T.J. Scheffer und J. Nehring in "J. Appl. Phys.", Vol. 58, Seite 3022 ff. (1985), ferner von L. Pohl, G. Weber, R. Eiden-
5 schink, G. Baur und W. Fehrenbach in "Appl. Phys. Lett.", Vol. 38, Seite 497 ff. (1981) und von M. Schadt und W. Helfrich in "Appl. Phys. Lett.", Vol. 18, Seite 127 ff. (1971) beschrieben.

- 10 Elektrooptische Flüssigkristallschaltelemente werden insbesondere in Flüssigkristalldarstellungseinrichtungen, wie beispielsweise in Bildschirmen von Fernsehgeräten, Computern, Schaltzentralen und von anderen Einrichtungen, Anlagen o. dgl. zum Schalten der Bildpunkte dieser Flüssig-
15 kristalldarstellungseinrichtungen, das heißt zur Veränderung der Helligkeit und/oder Farbe eines Bildpunkts, verwendet.

Bei den bisher bekannten und derzeit kommerziell verfügbaren Flüssigkristalldarstellungseinrichtungen, die auch als
20 Flüssigkristalldisplays bezeichnet werden, ist der Beobachtungs- bzw. Betrachtungswinkelbereich, das heißt der Winkelbereich, aus dem heraus eine mittels der Flüssigkristalldarstellungseinrichtung erzeugte Darstellung ohne wesentliche optische Verfälschung wahrgenommen werden kann, erheblich ein-
25 geschränkt, weil der Kontrast der Darstellung ziemlich stark vom Betrachtungswinkel abhängt.

Diese Winkelabhängigkeit des Kontrasts der bekannten Flüssigkristalldarstellungseinrichtungen ist, wie hier beigefügte
30 Untersuchungsergebnisse zeigen, eine Folge der bisherigen Umorientierung der optischen Achse, der Flüssigkristallschicht zwischen einer Ausrichtung parallel zur Flüssigkristallschicht und einer Ausrichtung senkrecht zur Flüssigkri-

stallschicht. Durch die Untersuchungen, die im Rahmen der vorliegenden Erfindung durchgeführt worden sind, wurde festgestellt, daß es die durch eine solche Umorientierung bewirkte Deformation des Flüssigkristalls ist, die eine stark ausgeprägte Winkelabhängigkeit der Transmission des Flüssigkristallschaltelements und damit des Kontrasts zur Folge hat.

Durch die vorliegende Erfindung wurde nun gefunden, daß die Winkelabhängigkeit der Transmission und damit des Kontrasts bei einem elektrooptischen Flüssigkristallschaltelement der eingangs genannten Art, insbesondere mit nichtferroelektrischem Flüssigkristall, weitestgehend beseitigt werden, wenn das elektrooptische Flüssigkristallschaltelement erfindungsgemäß so ausgebildet wird, daß

- (a) der Flüssigkristall eine verdrillbare Struktur aufweist und der Betrag an Lichttransmission durch den Flüssigkristall von dessen Verdrillungsgrad abhängt;
- (b) der Flüssigkristall in einer Ausgangsorientierung verankert ist, in welcher er sich in unverdrilltem oder verdrilltem Zustand befindet und seine Verdrillungsachse senkrecht oder im wesentlichen senkrecht zur Flüssigkristallschicht bleibt; und
- (c) die überwiegend parallel zur Flüssigkristallschicht ausgerichtete Feldkomponente der Umorientierungseinrichtung derart veränderbar ist, daß damit zur Einstellung unterschiedlicher Lichttransmissionsgrade der Verdrillungsgrad des Flüssigkristalls durch Verdrehen der optischen Achse desselben parallel oder im wesentlichen parallel zur Flüssigkristallschicht verändert wird.

Auf diese Weise wird die durch die bisherige Umorientierung bewirkte nachteilige Deformation des Flüssigkristalls weitestgehend ausgeschaltet und im wesentlichen eine Winkelunabhängigkeit der Transmission und des Kontrastes erzielt.

- 5
- Die Angabe, daß die Verdrillungsachse "im wesentlichen" senkrecht zur Flüssigkristallschicht bleibt und daß die optische Achse "im wesentlichen" parallel zur Flüssigkristallschicht verdreht wird, soll besagen, daß ein gewisser An-
- 10 stellwinkel α_0 zwischen 0° und 30° vorgesehen sein kann, den die Ausgangsorientierung der Flüssigkristallschicht zumindest auf ihrer der felderzeugenden Struktur zugewandten Schichtseite der Flüssigkristallschicht mit einer zur Flüssigkristallschicht parallelen Ebene einschließt, wobei
- 15 hier unter der Ausgangsorientierung der Flüssigkristallschicht die Vorzugsrichtung der Molekülachsen des Flüssigkristalls in der Ausgangsorientierung der Flüssigkristallschicht verstanden wird.
- 20 Vorzugsweise ist das erfindungsgemäße Flüssigkristallschalt-element so ausgebildet, daß die überwiegend parallel zur Flüssigkristallschicht ausgerichtete Feldkomponente der Umorientierungseinrichtung derart veränderbar ist, daß zur kontinuierlichen oder stufenweisen Einstellung unterschied-
- 25 licher Lichttransmissionsgrade im Bereich zwischen im wesentlichen maximaler und minimaler Lichttransmission der Verdrillungsgrad des Flüssigkristalls kontinuierlich oder stufenweise verändert wird.
- 30 Wie die hier beigefügten Untersuchungsergebnisse über die Winkelabhängigkeit der Transmission bei erfindungsgemäßen Flüssigkristallschaltelementen zeigen, ist die Transmission

bei den erfindungsgemäßen Flüssigkristallschaltelementen im Vergleich mit den bekannten Flüssigkristallschaltelementen praktisch nicht mehr winkelabhängig.

- 5 Das elektrische Feld mit der überwiegend parallel zur Flüssigkristallschicht ausgerichteten Feldkomponente kann dadurch erhalten werden, daß die felderzeugende Struktur Streifen- oder Linienelektroden umfaßt, die parallel zueinander und parallel zur Flüssigkristallschicht verlaufen und alternierend
10 mit einem unterschiedlichen elektrischen Potential beaufschlagt sind.

Bevorzugte Ausbildungen einer solchen felderzeugenden Struktur sind so ausgebildet, daß

- 15 (a) die Streifen- oder Linienelektroden alternierend in wenigstens zwei zur Flüssigkristallschicht parallelen Ebenen angeordnet sind, wobei die beiden Ebenen insbesondere von den beiden entgegengesetzten Oberflächen einer isolierenden Folie, Dünnpplatte, Schicht
20 o. dgl. gebildet sein können; oder
- (b) die mit unterschiedlichem Potential beaufschlagten Streifen- oder Linienelektroden kammartig ineinandergreifend in der gleichen Ebene angeordnet sind, wobei
25 diese Ebene insbesondere von der der Flüssigkristallschicht zugewandten Oberfläche eines die Flüssigkristallschicht begrenzenden Substrats oder einer auf ein solches Substrat aufgebrachten isolierenden Folie, Dünnpplatte,
30 Schicht o. dgl. gebildet sein kann.

Eine Weiterbildung des elektrooptischen Flüssigkristall-
schaltelements nach der Erfindung zeichnet sich dadurch
aus, daß die überwiegend parallel zur Flüssigkristall-
schicht ausgerichtete Feldkomponente einen Ausrichtungs-
5 winkel, der größer als 0° und kleiner als 90° ist, mit der
Vorzugsrichtung bildet, welche die Flüssigkristallschicht
auf ihrer der felderzeugenden Struktur zugewandten Schicht-
seite in ihrer Ausgangsorientierung hat. Auf diese Weise
wird einerseits eine Domänenbildung durch unterschiedlichen
10 Drehsinn von benachbarten Flüssigkristallschaltelementen oder
-elementbereichen verhindert, und andererseits werden kurze
Schaltzeiten erreicht, da sich durch den spitzen Winkel zwi-
schen der überwiegend parallel zur Flüssigkristallschicht
verlaufenden Feldkomponente und der Ausgangsorientierung der
15 Flüssigkristallschicht auf ihrer der felderzeugenden Struk-
tur zugewandten Schichtseite ein eindeutig gerichtetes Anfangs-
drehmoment genügender Größe beim Einschalten des elektrischen
Feldes ergibt, durch das der Drehsinn vorgegeben und damit
das Flüssigkristallschaltelement in kürzestmöglicher Zeit ge-
20 schaltet wird.

Bevorzugt ist dieses Flüssigkristallschaltelement so ausge-
bildet, daß

- 25 (a) der Ausrichtungswinkel bei positiver Dielektrizitäts-
anisotropie des Flüssigkristalls größer als 70° und
kleiner als 90° ist, oder daß
- (b) der Flüssigkristall eine negative Dielektrizitätsan-
isotropie hat, wobei der Ausrichtungswinkel kleiner
als 20° und größer als 0° ist.

Bei Verwendung von Flüssigkristallmaterialien mit positiver Dielektrizitätsanisotropie $\Delta\epsilon$ wird nämlich ein Drehmoment induziert, das die Vorzugsrichtung (Direktor) des Flüssigkristalls in Richtung des elektrischen Feldes dreht, während bei

5 Verwendung von Flüssigkristallmaterialien mit negativer Dielektrizitätsanisotropie ein Drehmoment induziert wird, das die Vorzugsrichtung (Direktor) in eine Ebene senkrecht zur Richtung des elektrischen Feldes dreht. Der Ausrichtungswinkel sollte hierbei, wie oben angegeben, mit Rücksicht auf elektro-

10 optische Kennlinien und Schaltzeiten bei positivem $\Delta\epsilon$ nicht kleiner als $|70^\circ|$ und bei negativem $\Delta\epsilon$ nicht größer als $|20^\circ|$ sein.

Besonders bevorzugt ist in dem erfindungsgemäßen Flüssigkristallschaltelement ein Flüssigkristallmaterial, insbesondere ein nichtferroelektrisches Flüssigkristallmaterial, von negativer Dielektrizitätsanisotropie $\Delta\epsilon$ vorgesehen, da sich hierdurch eine weitere Art von Domänenausbildung ausschalten

15 läßt, wenn das elektrische Feld außer der parallel zur Flüssigkristallschicht ausgerichteten Komponente auch eine senkrecht hierzu orientierte Komponente hat, was in der Praxis meist der Fall ist. Ein solcher Fall liegt zum Beispiel vor, wenn das elektrische Feld, wie es bevorzugt geschieht, durch Streifen- oder Linienelektroden erzeugt wird, denn dann ist

20 gleichzeitig zur Komponente, die parallel oder nahezu parallel zur Flüssigkristallschicht verläuft, auch eine bei hohen

25

Feldern ebenfalls wirksame Komponente senkrecht zur Flüssigkristallschicht vorhanden. Bei Flüssigkristallmaterialien mit positivem $\Delta\epsilon$ führt dies bei hohen Feldern zu einer Umorientierung des Flüssigkristalls, bei welcher die Vorzugsrichtung aus
5 der Ebene der Flüssigkristallschicht herausgedreht wird. Dies ist mit einer Domänenbildung verbunden und in vielen Fällen unerwünscht, so daß nur der untere Bereich der elektrooptischen Kennlinie nutzbar wird. Bei Materialien mit negativem $\Delta\epsilon$ induziert diese Feldkomponente ein Drehmoment, das die Vor-
10 zugsrichtung des Flüssigkristalls in die Ebene der Flüssigkristallschicht dreht. Damit wird das vorstehend beschriebene Umorientieren verhindert, und es wird ein wesentlich größerer Teil der elektrooptischen Kennlinie nutzbar.

15 Eine andere wichtige Weiterbildung des Flüssigkristallschalt-elements nach der Erfindung zeichnet sich dadurch aus, daß die Ausgangsorientierung der Flüssigkristallschicht zumindest auf ihrer der felderzeugenden Struktur zugewandten Schicht-
20 seite einen Anstellwinkel, der größer als 0° und kleiner als 30° ist, mit einer zur Flüssigkristallschicht parallelen Ebene einschließt.

Hierdurch wird eine günstige Deformierbarkeit des Flüssigkristalls beim Anlegen des elektrischen Feldes in unmittel-
25 barer Nähe der Verankerungsschicht für den Flüssigkristall erhalten.

Hinsichtlich der Ausgangsorientierung des Flüssigkristalls wird es bevorzugt, daß
30

- (a) der Flüssigkristall in seiner Ausgangsorientierung eine unverdrillte Struktur aufweist und durch die überwiegend parallel zur Flüssigkristallschicht ausge-

richtete Feldkomponente in eine verdrehte Struktur umorientierbar ist, bei der die Verdrehungsachse senkrecht zur Flüssigkristallschicht ist, oder daß

- 5 (b) der Flüssigkristall in seiner Ausgangsorientierung eine verdrehte Struktur aufweist, deren Verdrehungsachse senkrecht zur Flüssigkristallschicht ist und die durch die überwiegend parallel zur Flüssigkristallschicht ausgerichtete Feldkomponente entdrillbar
10 ist.

Der sonstige grundsätzliche Aufbau des Flüssigkristallschalt-
elements ist bevorzugt so ausgebildet, daß

- 15 (1) zum Betreiben des elektrooptischen Flüssigkristallschalt-
elements in Durchlichtbetriebsweise auf der
einen Seite der Flüssigkristallschicht ein Polarisator und auf der anderen Seite ein Analysator vorgesehen ist; oder daß
20 (2) zum Betreiben des elektrooptischen Flüssigkristallschalt-
elements in Reflexionsbetriebsweise auf der
einen Seite der Flüssigkristallschicht ein Polarisator/Analysator und auf der anderen Seite ein Reflektor
25 vorgesehen ist.

Hierbei kann ein doppelbrechender optischer Kompensator zwischen der Flüssigkristallschicht und dem Polarisator vorgesehen sein. Der optische Kompensator kann dort, wo, wie im
30 ersteren Fall, ein gesonderter Analysator vorgesehen ist, stattdessen auch zwischen der Flüssigkristallschicht und dem Analysator vorgesehen sein.

Insbesondere kann die Flüssigkristallschicht einen dichroitischen Farbstoff enthalten und auf wenigstens einer Seite derselben ein Polarisator vorgesehen sein.

- 5 Vorzugsweise ist das Flüssigkristallschaltelement weiter so ausgebildet, daß dessen Lichttransmission in der Ausgangsorientierung der Flüssigkristallschicht ihren maximalen oder minimalen Betrag hat und in umorientierten Zuständen der Flüssigkristallschicht bis zu ihrem anderen Extremwert ver-
10 änderbar ist.

Besonders bevorzugt wird das erfindungsgemäße Flüssigkristallschaltelement zur Veränderung der Helligkeit und/oder Farbe eines Bildpunkts einer elektrooptischen Darstellungseinrichtung verwendet, wobei diese letztere vorzugsweise ein Bild-
15 schirm ist. Die Flüssigkristallschaltelemente der elektrooptischen Darstellungseinrichtung können insbesondere durch eine Transistormatrix oder durch eine Direktansteuereinrichtung im Zeitmultiplexverfahren angesteuert sein.

20 Die vorstehenden sowie weitere Vorteile und Merkmale der Erfindung seien nachfolgend anhand von bevorzugten Ausführungsformen von erfindungsgemäßen elektrooptischen Flüssigkristallschaltelementen unter Bezugnahme auf die Figuren 1 bis 7 der
25 Zeichnung näher erläutert, welche, soweit sie den Aufbau von bevorzugten Ausführungsformen von elektrooptischen Flüssigkristallschaltelementen nach der Erfindung zeigen, aus Darstellungsgründen absichtlich nicht maßstabsgerecht gezeichnet sind; es zeigen:

30 Figur 1 einen Teilschnitt durch eine Ausführungsform eines elektrooptischen Flüssigkristallschaltelements nach der Erfindung, das bevorzugt einen Bildpunkt einer

elektrooptischen Darstellungseinrichtung bildet, indem es die Helligkeit und/oder Farbe dieses Bildpunkts steuert, so daß also der Bildschirm einer elektrooptischen Darstellungseinrichtung eine Vielzahl solcher Flüssigkristallschaltelemente umfaßt, die in einer flächigen Matrixanordnung integriert sind;

Figur 2 eine perspektivische Ansicht einer Ausführungsform eines elektrooptischen Flüssigkristallschaltelements nach der Erfindung für Durchlichtbetriebsweise, wobei die einzelnen Teile, abgesehen von der nur durch Orientierungspfeile angedeuteten Flüssigkristallschicht, im auseinandergezogenen Zustand dargestellt sind;

Figur 3 eine perspektivische Darstellung einer Ausführungsform eines elektrooptischen Flüssigkristallschaltelements nach der Erfindung für Reflexionsbetriebsweise, wobei ebenfalls die einzelnen Teile, abgesehen von der nur durch Orientierungspfeile angedeuteten Flüssigkristallschicht, im auseinandergezogenen Zustand gezeichnet sind;

Figur 4 eine perspektivische Darstellung einer weiteren erfindungsgemäßen Ausführungsform;

Figur 5 eine schematische Darstellung des Anstellwinkels α_0 , den die Ausgangsorientierung der Flüssigkristallschicht bevorzugt mit einer zur Flüssigkristallschicht parallelen Ebene einschließt, sowie des Ausrichtungswinkels β_0 , den die überwiegend parallel zur Flüssigkristallschicht ausgerichtete Feldkomponente des den Flüssigkristall umorientierenden elektrischen Feldes vorzugsweise mit der Ausgangsorientierung bildet, welche die Flüssigkristallschicht auf ihrer der felderzeugenden Struktur zugewandten Schichtseite hat;

Figur 6 eine experimentell ermittelte Kurve, welche die Transmission des senkrecht einfallenden Lichts in Abhängigkeit von der angelegten Spannung bei einem typischen Ausführungsbeispiel eines elektrooptischen Flüssigkristallschaltelements nach der Erfindung zeigt;

Figur 7 rechnerisch ermittelte Werte für die Transmission bei einem typischen Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen elektrooptischen Flüssigkristallschaltelements, welche zeigen, daß durch die Erfindung die Winkelabhängigkeit der Transmission und damit des Kontrasts bei einem elektrooptischen Flüssigkristallschaltelement weitestgehend beseitigt wird; und

Figur 8 rechnerisch ermittelte Transmissionswerte bei einem bekannten elektrooptischen Flüssigkristallschaltelement, einer sogenannten TN-Zelle, welche in Polarkoordinaten die Winkelabhängigkeit der Transmission veranschaulichen, wobei der Darstellungsmaßstab genau der gleiche wie in Figur 6 ist, so daß aus einem Vergleich zwischen den beiden Figuren 6 und 7 deutlich wird, welche hohe Winkelabhängigkeit der Transmission bei den bekannten elektrooptischen Flüssigkristallschaltelementen vorliegt und daß demgegenüber bei dem erfindungsgemäßen elektrooptischen Flüssigkristallschaltelement in einem großen Bereich praktisch keine Winkelabhängigkeit der Transmission mehr vorhanden ist.

In der nun folgenden detaillierten Beschreibung von bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung sei zunächst auf die Figuren 1 und 2 Bezug genommen, von denen die Figur 1 einen Querschnitt durch eine Ausführungsform eines elektrooptischen Flüssigkristallschaltelements für Durchlichtbetriebsweise im

zusammengebauten Zustand zeigt, während die Figur 2 dieses gleiche Flüssigkristallschaltelement im auseinandergezogenen Zustand der einzelnen Teile desselben sowie in einem gegenüber Figur 1 verkleinerten Maßstab veranschaulicht, wobei
5 außerdem in Figur 2 die untere Orientierungsschicht und die untere Isolierschicht im Gegensatz zu der Figur 1 aus Darstellungsgründen als ebene Schichten gezeichnet sind.

Das elektrooptische Flüssigkristallschaltelement 1 für Durchlichtbetriebsweise, wie es in den Figuren 1 und 2 dargestellt
10 ist, umfaßt eine Flüssigkristallschicht 2, die zwischen zwei Substraten 3 und 4 eingeschlossen ist, die entsprechend der zeichnerischen Darstellung nachstehend als unteres und oberes Substrat bezeichnet werden, obwohl sie in der Praxis jede beliebige Lage haben können. Vorzugsweise sind diese Substrate
15 3 und 4 Glassubstrate, sie können jedoch auch aus anderen geeigneten durchsichtigen, bevorzugt isolierenden, Materialien, wie beispielsweise Kunststoffen, bestehen. Außerdem sind die Substrate 3 und 4 bevorzugt eben ausgebildet und parallel zueinander angeordnet, so daß die Flüssigkristallschicht
20 2 bevorzugt eine im wesentlichen ebene bzw. planare Schicht ist.

Um die Flüssigkristallschicht 2 mit einer vorbestimmten Ausgangsorientierung in dem Flüssigkristallschaltelement 1 zu halten, grenzt sie nicht unmittelbar an die beiden Substrate 3 und 4 an, sondern vielmehr an je eine Orientierungsschicht 5 und 6, die nachstehend aufgrund der zeichnerischen Darstellung als untere und obere Orientierungsschicht bezeichnet
25 sind. Die obere Orientierungsschicht 6 ist unmittelbar auf das obere Substrat 4 aufgebracht, während dagegen zwischen dem unteren Substrat 3 und der unteren Orientierungsschicht 5 eine felderzeugende Struktur 7 und gegebenenfalls eine Isolierschicht 8
30

vorgesehen ist, so daß auf das untere Substrat 3 die felderzeugende Struktur 7, die Isolierschicht 8 und die untere Orientierungsschicht 5 in der vorstehend angegebenen Reihenfolge aufgebracht sind.

5

Die felderzeugende Struktur 7 umfaßt Streifen- oder Linienelektroden 9 und 10, die parallel zueinander und parallel zur Flüssigkristallschicht 2 verlaufen. Hierbei wechseln die Streifen- oder Linienelektroden 9 mit den Streifen- oder Linienelektroden 10 ab, wie die Figuren 1 und 2 zeigen, wobei die Streifen- oder Linienelektroden 9 an ein gegenüber den Streifen- oder Linienelektroden 10 unterschiedliches elektrisches Potential angeschlossen sind, so daß zwischen den Streifen- oder Linienelektroden 9 und 10 jeweils ein elektrisches Feld erzeugt wird, das eine überwiegend parallel zur Flüssigkristallschicht 2 ausgerichtete Feldkomponente hat. Beispielsweise sind, wie Figur 2 zeigt, die Streifen- oder Linienelektroden 9 an den einen Pol einer Spannungsquelle 11 angeschlossen, während die Streifen- oder Linienelektroden 10 an den anderen Pol dieser Spannungsquelle 11 angeschlossen sind. Obwohl die Spannungsquelle 11 aus prinzipiellen Gründen als Gleichstromquelle dargestellt ist und im Prinzip auch eine solche Gleichstromquelle sein könnte, wird in der Praxis zur Vermeidung einer Degradation der Flüssigkristallschicht und der damit verbundenen Schwierigkeiten eine Wechselstrom-Spannungsquelle 11 verwendet.

Die Streifen- oder Linienelektroden 9 und 10 sind in der vorliegend dargestellten Ausführungsform des Flüssigkristallschaltelements 1 kammartig ineinandergreifend in der gleichen Ebene, nämlich auf der Oberfläche einer isolierenden Basis- schicht 12, die auch von der Oberfläche des Substrats 3 gebildet sein kann, ausgebildet, indem die Streifen- oder

Linienelektroden 9 durch eine quer, insbesondere senkrecht, dazu verlaufende streifen- oder linienförmige Querelektrode 13 elektrisch miteinander zu einer ersten Kammstruktur verbunden sind, und indem die Streifen- oder Linienelektroden 10 durch eine quer, insbesondere senkrecht, zu ihnen verlaufende weitere streifen- oder linienförmige Querelektrode 14 elektrisch zu einer zweiten Kammstruktur miteinander verbunden sind, und indem ferner die beiden Kammstrukturen ineinandergreifend angeordnet sind, wie besonders gut aus den Figuren 2 und 3 ersichtlich ist.

Eine andere, in den Figuren der Zeichnung nicht dargestellte Möglichkeit besteht darin, die Streifen- oder Linienelektroden 9 auf der Oberseite der isolierenden Basisschicht 12 anzuordnen, während die Streifen- oder Linienelektroden 10 auf der Unterseite der isolierenden Basisschicht 12 angeordnet werden, oder umgekehrt. In diesem Fall können die Streifen- oder Linienelektroden als einfache parallele Streifen oder Linien ausgebildet sein, ohne daß kammartige Strukturen benötigt werden.

Außerdem umfaßt das in den Figuren 1 und 2 dargestellte Flüssigkristallschaltelement 1 noch einen Polarisator 15 auf der Außenseite des Substrats 3 und einen Analysator 16 auf der Außenseite des Substrats 4. Je nach der Lichtdurchgangsrichtung können auch Polarisator und Analysator vertauscht sein. Schließlich ist noch ein optischer Kompensator 17 zwischen dem Polarisator 15 und dem Substrat 3 vorgesehen. Dieser optische Kompensator 17 kann stattdessen auch zwischen dem Analysator 16 und dem Substrat 4 angeordnet sein.

Die Figur 3 zeigt eine perspektivische Ansicht einer Ausführungsform eines elektrooptischen Flüssigkristallschalt-

elements 18 für Reflexionsbetriebsweise in auseinanderge-
zogener Darstellung der einzelnen Teile dieses Flüssig-
kristallschaltelements 18, das sich in seinem äußeren Auf-
bau von dem Flüssigkristallschaltelement 1 gemäß den Figuren
1 und 2 lediglich dadurch unterscheidet, daß anstelle des
in den Figuren 1 und 2 gezeigten Analysators 16 ein Reflek-
tor 19 vorgesehen ist, der in der dargestellten Ausführungs-
form aus einem Substrat 20, beispielsweise einem Glassub-
strat, und einer Reflexionsschicht 21 besteht, die auf der
der Flüssigkristallschicht 2 zugewandten Seite des Substrats
20 vorgesehen ist. Entsprechend diesem Aufbau ist der nun-
mehr noch verbleibende Polarisator gleichzeitig auch der
Analysator und wird demgemäß zur Unterscheidung von den
Figuren 1 und 2 als Polarisator/Analysator 22 bezeichnet.

Eine weitere Ausführungsform eines elektrooptischen Schalt-
elements 28 für Reflexionsbetriebsweise, die in Figur 4 dar-
gestellt ist, unterscheidet sich von dem elektrooptischen
Schaltelement 1 gemäß Figuren 1 und 2 zum Beispiel dadurch,
daß in den Figuren 1 und 2 anstelle der Isolierschicht 8 ein
dielektrischer Spiegel 8a vorgesehen ist und der doppel-
brechende Kompensator 17 gegebenenfalls zwischen Substrat 4
und Analysator 16 vorgesehen ist. Als Analysator 16 ist ein
Analysator/Polarisator 22 vorgesehen, der dann als Polarisator
und Analysator wirkt, so daß der Polarisator 15 der Fi-
guren 1 und 2 entfällt. Diese Ausführungsform hat insbeson-
dere den Vorteil, daß weder die Elektrodenstruktur 7 noch
das Substrat 3 transparent zu sein brauchen, wenn der dielek-
trische Spiegel 8a zwischen dem Flüssigkristall 2 einerseits
und der Anordnung aus der Elektrodenstruktur 7 und dem Sub-
strat 3 andererseits vorgesehen ist, wie Figur 4 zeigt, wo-
bei sich die Orientierungsschicht 5 zwischen dem Flüssig-
kristall 2 und dem dielektrischen Spiegel 8a befindet. Die
Orientierungsschicht 5 kann auch Bestandteil des dielektri-
schen Spiegels 8a sein. Die Elektrodenstruktur 7 kann auch
auf dem dielektrischen Spiegel 8a, insbesondere auf dessen
dem Flüssigkristall 2 zugewandten Seite, vorgesehen sein.

Im übrigen sind, da der äußere Aufbau des Flüssigkristall-
schaltelements 18 und 28 ansonsten gleich demjenigen des Flüssig-
kristallschaltelements 1 ist, die gleichen Bezugszeichen
wie in den Figuren 1 und 2 verwendet, und insofern wird zur
5 Vermeidung von Wiederholungen auf die entsprechenden Er-
läuterungen zu den Figuren 1 und 2 verwiesen.

Es sei nun näher auf den inneren Aufbau der Flüssigkristall-
schaltelemente 1, 18 und 28 eingegangen, das heißt auf die je-
10 weiligen für den Betrieb des Flüssigkristallschaltelements 1,
18 und 28 wichtigen Parameter der Flüssigkristallschicht, der
Orientierungsschichten, der Polarisatoren, der felderzeu-
genden Struktur etc., die in der nachfolgenden Tabelle 1 an-
gegeben und, soweit möglich, in den Figuren 2 und 3 einge-
15 zeichnet sind:

T a b e l l e 1

20 Zur Beschreibung von bevorzugten Ausführungsformen der
Flüssigkristallschaltelemente hinsichtlich ihrer physikali-
schen Ausbildung werden folgende Parameter verwendet:

- | | | | |
|----|-----------|---|--|
| 25 | β | = | Verdrillungswinkel des Flüssigkristalls 2 in des- sen Ausgangsorientierung, das heißt Winkel zwi- schen dem Direktor am Substrat 3 bzw. in der Orientierungsschicht 5 und dem Direktor am Sub- strat 4 bzw. in der Orientierungsschicht 6. |
| 30 | β_0 | = | Ausrichtungswinkel, der überwiegend parallel zur Flüssigkristallschicht 2 ausgerichteten elektri- schen Feldkomponente, die von der felderzeugenden Struktur 7 erzeugt wird, zu der Vorzugsrichtung der Molekülachsen des Flüssigkristalls 2, die die- 35 se in der Ausgangsorientierung des Flüssigkristalls 2 auf der Schichtseite der Flüssigkristallschicht 2 haben, welche der felderzeugenden Struktur 7 zu- gewandt ist, also an der Orientierungsschicht 5; dieser Winkel ist gleich dem Winkel zwischen dem 40 Direktor am Substrat 3 bzw. in der Orientierungs- schicht 5 und der Senkrechten zu der Längsrichtung der Streifen- oder Linienelektroden 9, 10 in der Ebene dieser Streifen- oder Linienelektroden. |

- α_0 = Anstellwinkel, den die Ausgangsorientierung der Flüssigkristallschicht 2 zumindest auf ihrer der felderzeugenden Struktur 7 zugewandten Schichtseite der Flüssigkristallschicht 2 mit einer zur Flüssigkristallschicht 2 parallelen Ebene einschließt, wobei hier unter der Ausgangsorientierung der Flüssigkristallschicht die Vorzugsrichtung der Molekülachsen des Flüssigkristalls 2 in der Ausgangsorientierung der Flüssigkristallschicht verstanden wird.
- ψ = Winkel zwischen dem Direktor an dem Substrat 3 bzw. in der Orientierungsschicht 5 und der Durchlaßrichtung des Polarisators 15 bzw. des Polarisators/Analysators 22.
- ψ' = Winkel zwischen dem Direktor an dem Substrat 3 bzw. in der Orientierungsschicht 5 und der Durchlaßrichtung des Analysators 16.
- $|\psi - \psi'|$ = Winkel zwischen der Durchlaßrichtung von Polarisator und Analysator
- d = Dicke der Flüssigkristallschicht 2
- $\epsilon_{\parallel}, \epsilon_{\perp}$ = Dielektrizitätskonstanten parallel bzw. senkrecht zum Direktor des Flüssigkristalls
- $\Delta\epsilon$ = Dielektrizitätsanisotropie des Flüssigkristalls = Differenz zwischen ϵ_{\parallel} und ϵ_{\perp} d.h. $\Delta\epsilon = \epsilon_{\parallel} - \epsilon_{\perp}$
- n_o, n_e = ordentlicher bzw. außerordentlicher Brechungsindex des Flüssigkristalls
- λ = Lichtwellenlänge
- Δn = $n_e - n_o$
- In den Figuren 2 und 3 sind durch die Pfeile 23 bis 27 Vorzugsrichtungen des Flüssigkristalls 2 angedeutet, wobei insbesondere durch den Pfeil 23 die Vorzugsrichtung an der Orientierungsschicht 5 und durch den Pfeil 27 die Vorzugsrichtung an der Orientierungsschicht 6 angedeutet ist, während die Pfeile 24, 25 und 26 Vorzugsrichtungen im Zwischenbereich darstellen, die zur besseren Veranschaulichung der Flüssig-

- kristallverdrillung eingezeichnet sind. Der Anstellwinkel α_0 und der Ausrichtungswinkel β_0 sind in Figur 5 dargestellt, wobei die x- und y-Achse eine parallel zur Flüssigkristallschicht 2 verlaufende Ebene definieren, während die z-Achse senkrecht zur Flüssigkristallschicht 2 verläuft, das heißt der Dickenrichtung der Flüssigkristallschicht entspricht, während die x- und y-Achse der Breiten- und Längenrichtung der Flüssigkristallschicht 2 entsprechen.
- 10 In den nachstehenden Tabellen 2 und 3 sind bevorzugte Ausgangszustände für die Durchlichtbetriebsweise und die Reflexionsbetriebsweise gegeben, wobei unter dem Ausgangszustand der Zustand verstanden wird, der vorhanden ist, wenn kein elektrisches Feld über die felderzeugende Struktur 7 angelegt
- 15 ist.

Table 2: Bevorzugte Ausgangszustände in homogener planarer Orientierung für Durchlichtbetriebsweise

| Ausgangszustand | β | $\Delta\varepsilon$ | $d \times \Delta n/\lambda$ | α_0 | β_0 | ψ | $ \psi - \psi' $ |
|-----------------|-------------------------|---------------------|--|----------------------------|--------------------------|---------------------|---|
| D1 | $0^\circ \pm 15^\circ$ | > 0 | $> 0, < 4$ | $\geq 0^\circ, < 30^\circ$ | $> 70^\circ, < 90^\circ$ | $0^\circ, 90^\circ$ | $90^\circ, 0^\circ$ bevorzugt 90° |
| D2 | $0^\circ \pm 15^\circ$ | < 0 | $> 0, < 4$ | $\geq 0^\circ, < 30^\circ$ | $> 0^\circ, < 20^\circ$ | $0^\circ, 90^\circ$ | $90^\circ, 0^\circ$ bevorzugt 90° |
| D3 | $90^\circ \pm 15^\circ$ | > 0 | $> 0, < 4$ bevorzugt: $1/2\sqrt{3}, 1/2\sqrt{15},$ $1/2\sqrt{35}$ | $\geq 0^\circ, < 30^\circ$ | $> 70^\circ, < 90^\circ$ | $0^\circ, 90^\circ$ | $0^\circ, 90^\circ$ bevorzugt 0° |
| D4 | $90^\circ \pm 15^\circ$ | < 0 | $> 0, < 4$ bevorzugt: $1/2\sqrt{3}, 1/2\sqrt{15},$ $1/2\sqrt{35}$ | $\geq 0^\circ, < 30^\circ$ | $> 0^\circ, < 20^\circ$ | $0^\circ, 90^\circ$ | $0^\circ, 90^\circ$ bevorzugt 0° |

ERSATZBLATT

Tabelle 3: Bevorzugte Ausgangszustände in homogener planarer Orientierung für Reflexionsbetriebsweise

| Ausgangszustand | β | Δc | $d \times \Delta n / \lambda$ | α_0 | β_0 | ψ | $ \psi - \psi' $ |
|-----------------|------------------------|------------|---------------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------|---|
| R1 | $0^\circ \pm 15^\circ$ | > 0 | $> 0, < 2$ bevorzugt 0,36 | $\geq 0^\circ, < 30^\circ$ | $> 70^\circ, < 90^\circ$ | $0^\circ, 90^\circ$ | $90^\circ, 0^\circ$ bevorzugt 90° |
| R2 | $0^\circ \pm 15^\circ$ | < 0 | $> 0, < 2$ bevorzugt 0,36 | $\geq 0^\circ, < 30^\circ$ | $> 0^\circ, < 20^\circ$ | $0^\circ, 90^\circ$ | $90^\circ, 0^\circ$ bevorzugt 90° |
| R3 | $60^\circ \pm 5^\circ$ | > 0 | $> 0, < 2$ bevorzugt 0,36 | $\geq 0^\circ, < 30^\circ$ | $> 70^\circ, < 90^\circ$ | $0^\circ, 90^\circ$ | $0^\circ, 90^\circ$ |
| R4 | $60^\circ \pm 5^\circ$ | < 0 | $> 0, < 2$ bevorzugt 0,36 | $\geq 0^\circ, < 30^\circ$ | $> 0^\circ, \leq 20^\circ$ | $0^\circ, 90^\circ$ | $0^\circ, 90^\circ$ |

ERSATZBLATT

Es sei hier darauf hingewiesen, daß die Angaben der Werte von $d \times \Delta n / \lambda$ sowie von α_0 und von β_0 Bereichsangaben sind, das heißt, daß die beiden mit dem Zeichen \geq oder \leq oder $>$ oder $<$ versehenen Werte jeweils die beiden Bereichsgrenzen angeben, und zwar je nach dem Zeichen unter Einschluß oder Ausschuß dieser Bereichsgrenze.

Bei der Anwendung des elektrooptischen Flüssigkristallselements 1 oder 18 oder 28 zur Veränderung der Helligkeit und/oder Farbe eines Bildpunkts einer elektrooptischen Darstellungseinrichtung bildet das jeweilige Flüssigkristallschaltelement 1 oder 18 gemäß den Figuren 1, 2 oder 3 einen einzigen Bildpunkt, so daß eine große Vielzahl solcher Flüssigkristallschaltelemente 1, 18 oder 28 zu einem Bildschirm integriert ist, wobei natürlich die Substrate, die Orientierungsschichten, die Polarisatoren, die Analysatoren bzw. die Polarisatoren/Analysatoren, die Reflektoren und die optischen Kompensatoren, die in den Figuren 1 bis 3 aus Darstellungsgründen als Einzelteile gezeichnet sind, jeweils ein für alle Bildpunkte gemeinsames, vorzugsweise einstückiges, Bauteil bilden, während jeder einzelne Bildpunkt seine eigene felderzeugende Struktur 7 hat. Diese felderzeugende Struktur kann, sofern sie keine Kammstruktur der in den Figuren 1 bis 3 dargestellten Art ist, auch aus insgesamt über die gesamte Fläche der elektrooptischen Darstellungseinrichtung hindurchgehenden Streifen- oder Linienelektroden aufgebaut sein, sofern sie in entsprechender Weise, beispielsweise im Zeitmultiplexverfahren schnittpunktweise angesteuert wird.

Es seien nachstehend bevorzugte Größen für die Flüssigkristallselemente angegeben, die insbesondere für den Fall gelten, wenn die Flüssigkristallselemente als Bildpunkte in einer elektrooptischen Darstellungseinrichtung verwendet werden:

| | |
|---|---|
| Dicke der Flüssigkristallschicht: | 1 μm bis 10 μm |
| Flächige Größe der einem Bildpunkt entsprechenden felderzeugenden Struktur: | Quadrat mit einer Kantenlänge von 10 μm bis 1 mm |
| 5 Abstand zwischen benachbarten Streifen- oder Linienelektroden: | 2 μm bis 50 μm |
| Spannung zwischen benachbarten Streifen- oder Linienelektroden | 1 Volt bis 80 Volt |
| 10 bei maximalem Kontrast: | |

Es sei darauf hingewiesen, daß das Anbringen einer Polarisationsfolie, das heißt des Polarisators/Analysators 22 vor dem reflektiven Flüssigkristallschaltelement 18 oder 28 parallelen Polarisatoren 15, 16 (das heißt einem in der Durchlaßrichtung zum Polarisator 15 parallelen Analysator 16) entspricht. Die Verwendung eines reflektiven Flüssigkristallschaltelements 18 oder 28, in Kombination mit einem polarisierenden Strahlteiler (McNeille-Prisma) entspricht gekreuzten Polarisatoren 15, 16 in dem transmissiven Flüssigkristallschaltelement 1. Diese Anordnung eignet sich insbesondere für lichtstarke Projektoren.

Die Funktionsweise, insbesondere das optische Verhalten, der beschriebenen Flüssigkristallschaltelemente 1 und 18 sowie 28 wurde mittels Computersimulation untersucht und durch experimentelle Untersuchung von entsprechend ausgebildeten Flüssigkristallschaltelementen bestätigt.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind in den Figuren 6 und 7 wiedergegeben, und in Figur 8 ist das Ergebnis einer Vergleichsuntersuchung an einem TN-Flüssigkristallschaltelement, also einem bekannten Flüssigkristallschaltelement mit spiralg-nematischem Flüssigkristall, wiedergegeben.

Das dem Untersuchungsergebnis der Figur 6 zugrundeliegende Flüssigkristallschaltelement mit dem Aufbau gemäß den Figuren 1 und 2 hatte folgende Auslegungsgrößen:

- | | | |
|---|---|---------------------|
| | Dicke der Flüssigkristallschicht | = 6,9 μm |
| | Dielektrizitätsanisotropie | = -1,5 |
| | Optische Weglänge $d \times \Delta n / \lambda$ | = 0,865 |
| | Ausgangsverdrillungswinkel β | = 0° |
| 5 | Ausrichtungswinkel β_0 | = 5° |
| | Anstellwinkel α_0 | = 5° |
| | Winkel zwischen Polarisator und Analysator | = 90° |
- 10 Zu den Figuren 7 und 8, deren Vergleich deutlich die überragenden Eigenschaften des erfindungsgemäßen elektrooptischen Flüssigkristallschaltelements gegenüber den bisher bekannten Flüssigkristallschaltelementen zeigt, ist folgendes erläuternd hinzuzufügen:
- 15 Der Winkel THETA ist der Winkel zwischen der Beobachtungsrichtung und der Senkrechten auf der Flüssigkristallschicht. Auf den Achsen der Polarkoordinatendarstellung ist die Intensität des Transmissionslichts angegeben. Die Transmission
- 20 beträgt für senkrechte Inzidenz ca. 25%.
- Es sei darauf hingewiesen, daß im elektrooptischen Schaltelement 1 gemäß Figur 1 und 2 bei Verwendung von zum Beispiel flüssigkristallinen Polymeren die Orientierungsschicht 6 und
- 25 das Substrat 4 gegebenenfalls entfallen können. Entsprechend können die Ausführungsformen der elektrooptischen Schaltelemente für Reflexionsbetriebsweise modifiziert werden. Der Begriff "Flüssigkristall" umfaßt daher in der vorliegenden Beschreibung und in den Ansprüchen auch flüssigkristalline
- 30 Polymere oder andere flüssigkristalline Substanzen.

Die bei der Erfindung verwendeten Flüssigkristalle sind vorzugsweise, jedoch keineswegs ausschließlich, nematische Flüssigkristalle oder nematische flüssigkristalline Polymere.

P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Elektrooptisches Flüssigkristallschaltelement, umfassend eine Flüssigkristallschicht (2) und eine Umorientierungseinrichtung (7, 11) zum Umorientieren der Flüssigkristallschicht (2) in eine aktuelle Orientierung, in welcher das elektrooptische Flüssigkristallschaltelement (1, 18, 28) eine veränderte Lichttransmission hat, wobei die Umorientierungseinrichtung eine felderzeugende Struktur (7) zum Erzeugen eines die Umorientierung bewirkenden elektrischen Feldes umfaßt, und wobei das elektrische Feld der felderzeugenden Struktur (7) eine überwiegend parallel zur Flüssigkristallschicht (2) ausgerichtete Feldkomponente hat, dadurch gekennzeichnet, daß
- 5
- 10
- 15 (a) der Flüssigkristall (2) eine verdrillbare Struktur aufweist und der Betrag an Lichttransmission durch den Flüssigkristall (2) von dessen Verdrillungsgrad abhängt;
- 20 (b) der Flüssigkristall (2) in einer Ausgangsorientierung verankert ist, in welcher er sich in unverdrilltem oder verdrilltem Zustand befindet und seine Verdrillungsachse senkrecht oder im wesentlichen senkrecht zur Flüssigkristallschicht (2) bleibt; und
- 25 (c) die überwiegend parallel zur Flüssigkristallschicht (2) ausgerichtete Feldkomponente der Umorientierungseinrichtung (7, 11) derart veränderbar ist, daß damit zur Einstellung unterschiedlicher Lichttransmissionsgrade der Verdrillungsgrad des Flüssigkristalls (2)
- 30 verändert wird.

2. Elektrooptisches Flüssigkristallschaltelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die überwiegend parallel zur Flüssigkeitsschicht (2) ausgerichtete Feldkomponente der Umoorientierungseinrichtung (7, 11) derart veränderbar ist, daß zur kontinuierlichen oder stufenweisen Einstellung unterschiedlicher Lichttransmissionsgrade im Bereich zwischen im wesentlichen maximaler und minimaler Lichttransmission der Verdrillungsgrad des Flüssigkristalls (2) kontinuierlich oder stufenweise verändert wird.
3. Elektrooptisches Flüssigkristallschaltelement nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die überwiegend parallel zur Flüssigkristallschicht (2) ausgerichtete Feldkomponente einen Ausrichtungswinkel (β_0), der größer als 0° und kleiner als 90° ist, mit der Vorzugsrichtung bildet, welche die Flüssigkristallschicht (2) auf ihrer der felderzeugenden Struktur (7) zugewandten Schichtseite in ihrer Ausgangsorientierung hat.
4. Elektrooptisches Flüssigkristallschaltelement nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Ausrichtungswinkel (β_0) bei positiver Dielektrizitätsanisotropie ($\Delta\epsilon$) des Flüssigkristalls (2) größer als 70° und kleiner als 90° ist.
5. Elektrooptisches Flüssigkristallschaltelement nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Flüssigkristall (2) eine negative Dielektrizitätsanisotropie ($\Delta\epsilon$) hat, wobei der Ausrichtungswinkel (β_0) kleiner als 20° und größer als 0° ist.

6. Elektrooptisches Flüssigkristallschaltelement nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausgangsorientierung der Flüssigkristallschicht (2) zumindest auf ihrer der felderzeugenden Struktur (7) zugewandten Schichtseite einen Anstellwinkel (α_0), der größer als 0° und kleiner als 30° ist, mit einer zur Flüssigkristallschicht (2) parallelen Ebene einschließt.
7. Elektrooptisches Flüssigkeitsschaltelement nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die felderzeugende Struktur (7) Streifen- oder Linienelektroden (9, 10) umfaßt, die parallel zueinander und parallel zur Flüssigkristallschicht (2) verlaufen und alternierend mit einem unterschiedlichen elektrischen Potential beaufschlagt sind.
8. Elektrooptisches Flüssigkristallschaltelement nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Streifen- oder Linienelektroden (9, 10) alternierend in wenigstens zwei zur Flüssigkristallschicht (2) parallelen Ebenen angeordnet sind.
9. Elektrooptisches Flüssigkristallschaltelement nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß die mit unterschiedlichem Potential beaufschlagten Streifen- oder Linienelektroden (9, 10) kammartig ineinandergreifend in der gleichen Ebene angeordnet sind.
10. Elektrooptisches Flüssigkristallschaltelement nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß zum Betreiben des elektrooptischen Flüssigkristallschaltelements (1) in Durchlichtbetriebsweise auf der einen Seite der Flüssigkristallschicht (2) ein Polarisator (15) und auf der anderen Seite ein Analysator (16) vorgesehen ist.

11. Elektrooptisches Flüssigkristallschaltelement nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß zum Betreiben des elektrooptischen Flüssigkristallschaltelements (18,28) in Reflexionsbetriebsweise auf der einen Seite der Flüssigkristallschicht (2) ein Polarisator/Analysator (22) und auf der anderen Seite ein Reflektor (8a, 19) vorgesehen ist.
12. Elektrooptisches Flüssigkristallschaltelement nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Reflektor (8a, 19) ein dielektrischer Spiegel ist.
13. Elektrooptisches Flüssigkristallschaltelement nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß der dielektrische Spiegel (8a) zwischen dem Flüssigkristall (2) und dem einen Substrat (3) angeordnet ist.
14. Elektrooptisches Flüssigkristallschaltelement nach einem der Ansprüche 10 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß ein doppelbrechender optischer Kompensator (17) zwischen Flüssigkristallschicht (2) einerseits und Polarisator (15) und/oder Analysator (16) oder Polarisator/Analysator (22) andererseits vorgesehen ist.
15. Elektrooptisches Flüssigkristallschaltelement nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Flüssigkristallschicht (2) einen dichroitischen Farbstoff enthält und auf wenigstens einer Seite derselben ein Polarisator (15) vorgesehen ist.
16. Anwendung des elektrooptischen Flüssigkristallschaltelements nach einem der Ansprüche 1 bis 15 zur Veränderung der Helligkeit und/oder Farbe eines Bildpunkts einer elektrooptischen Darstellungseinrichtung.

17. Anwendung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrooptische Darstellungseinrichtung ein Bildschirm ist.

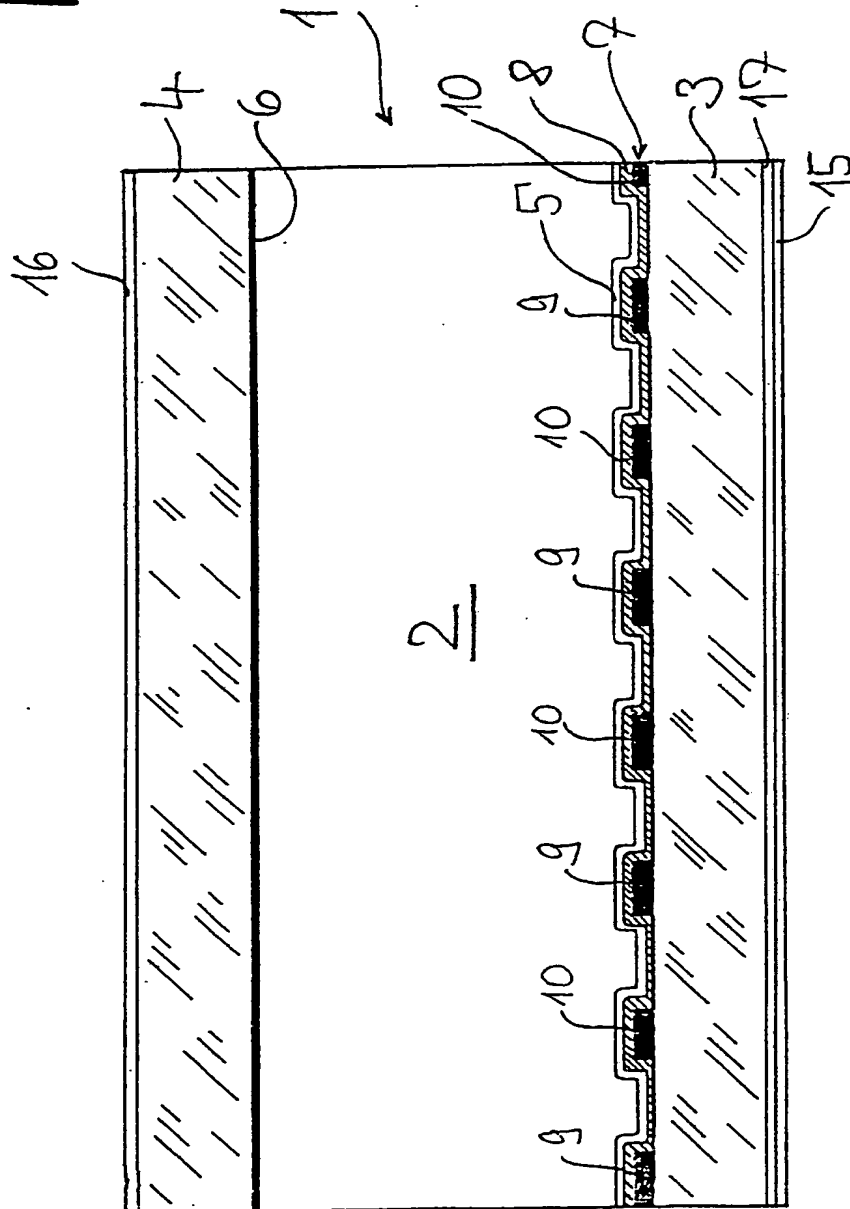
5

18. Anwendung nach Anspruch 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, daß die optischen Flüssigkristallschaltelemente (1, 18, 28) der Darstellungseinrichtung durch eine Transistormatrix angesteuert sind.

10

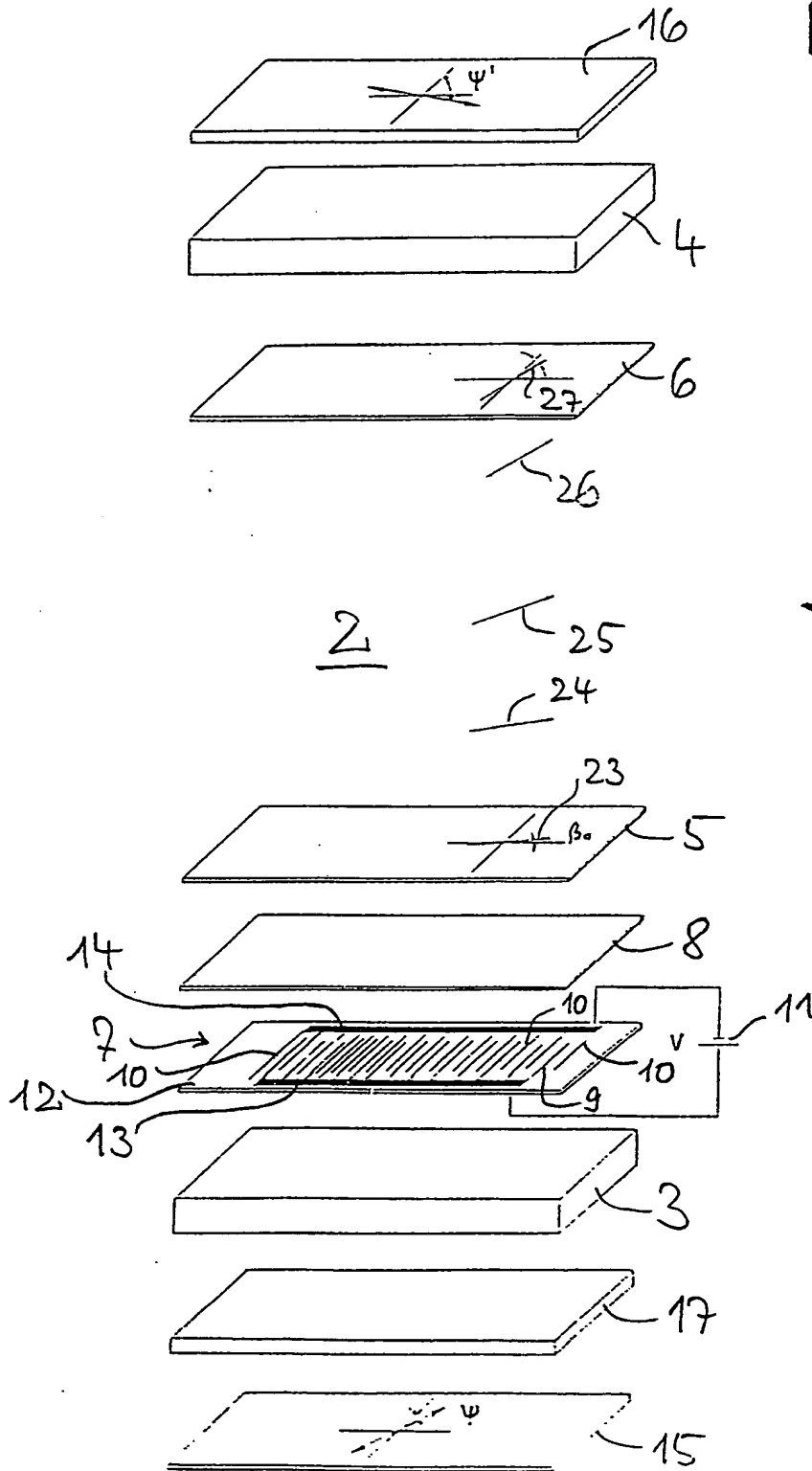
19. Anwendung nach Anspruch 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, daß die optischen Flüssigkristallschaltelemente (1, 18, 28) der Darstellungseinrichtung durch eine Direktansteuereinrichtung im Zeitmultiplexverfahren angesteuert sind.

FIG. 1



2/8

FIG. 2



ERSATZBLATT

FIG. 3

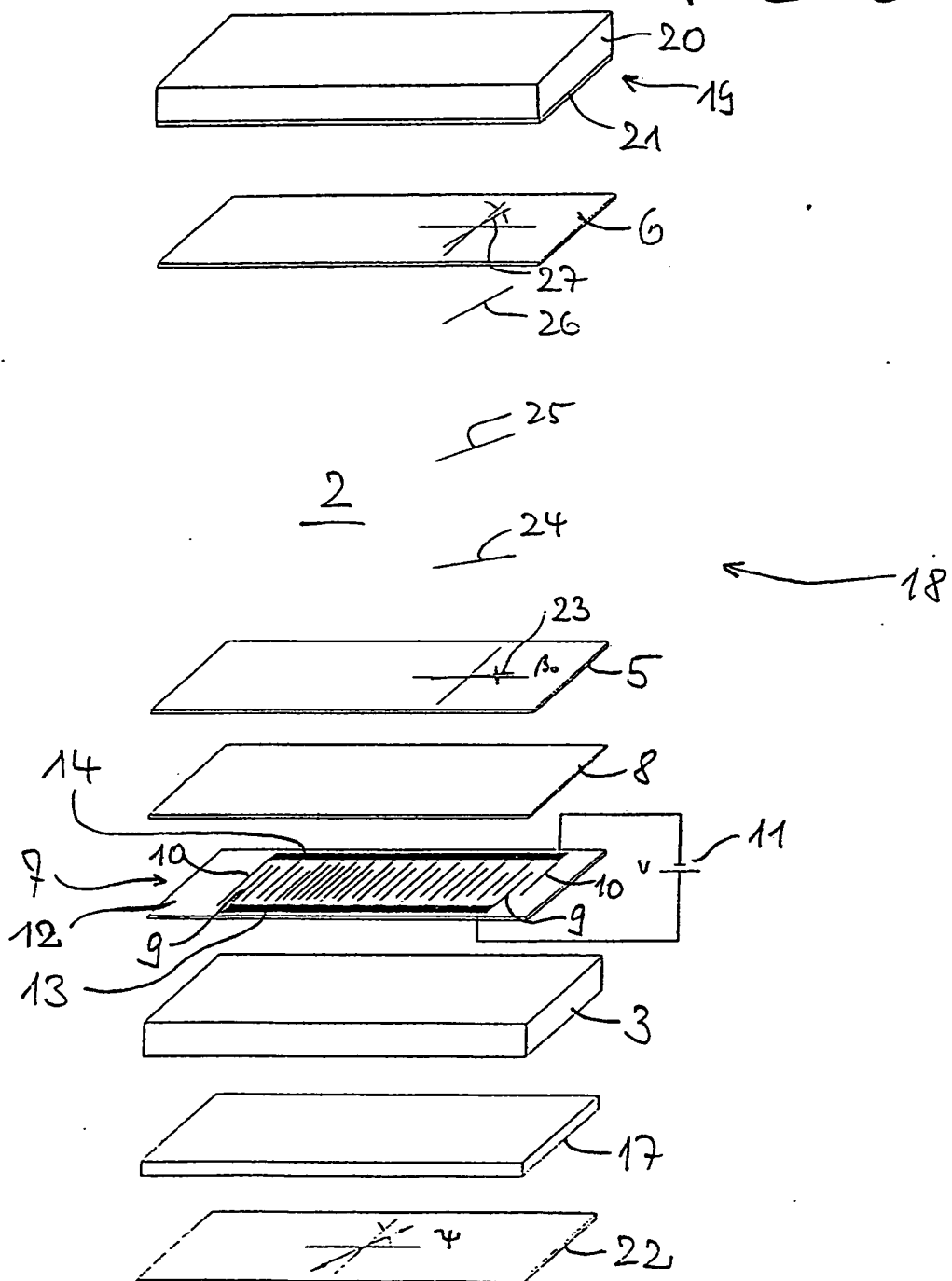


FIG. 4

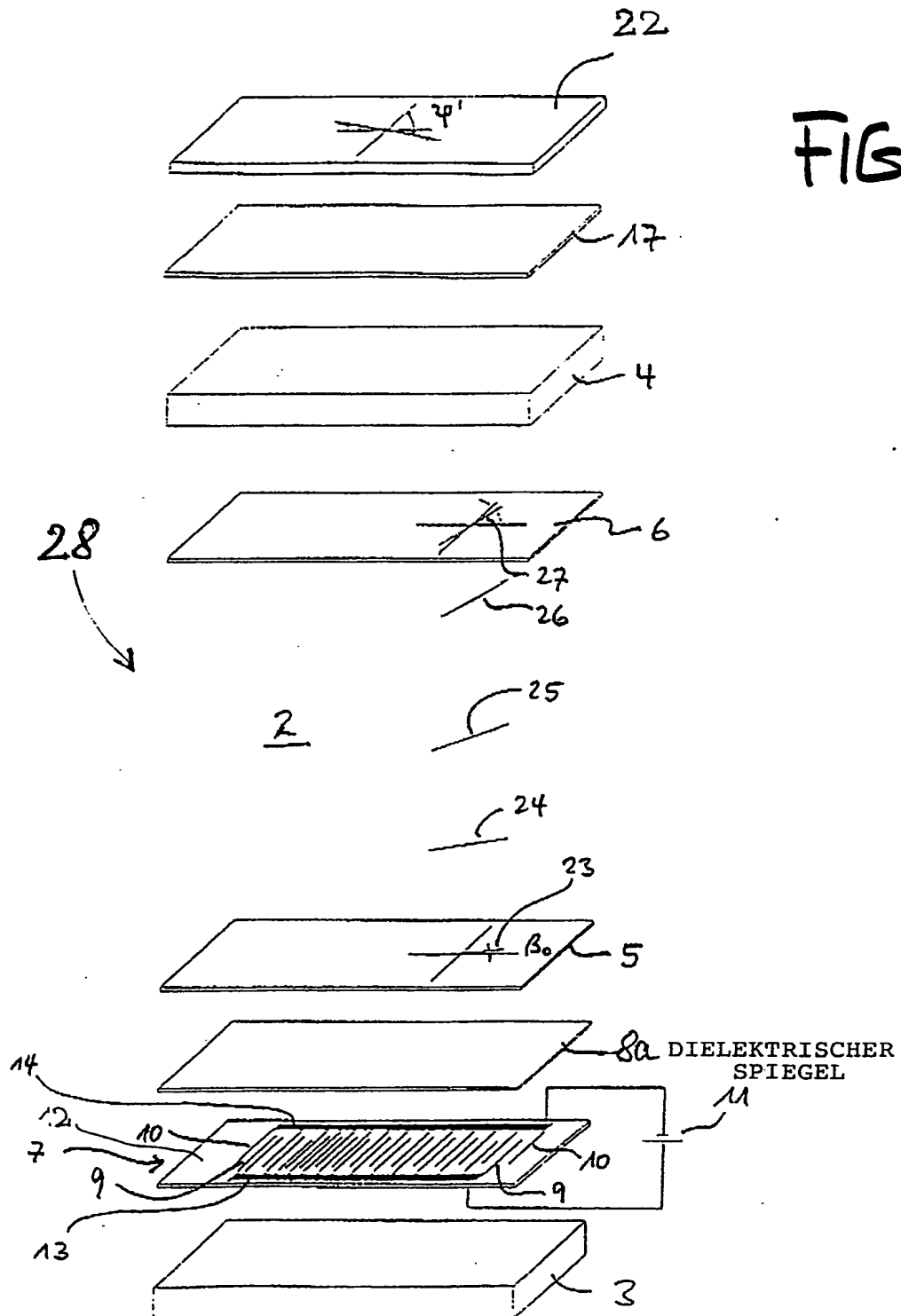
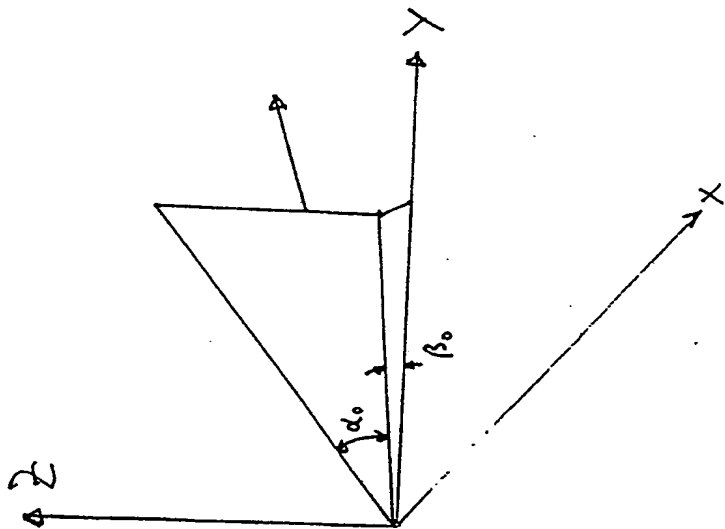
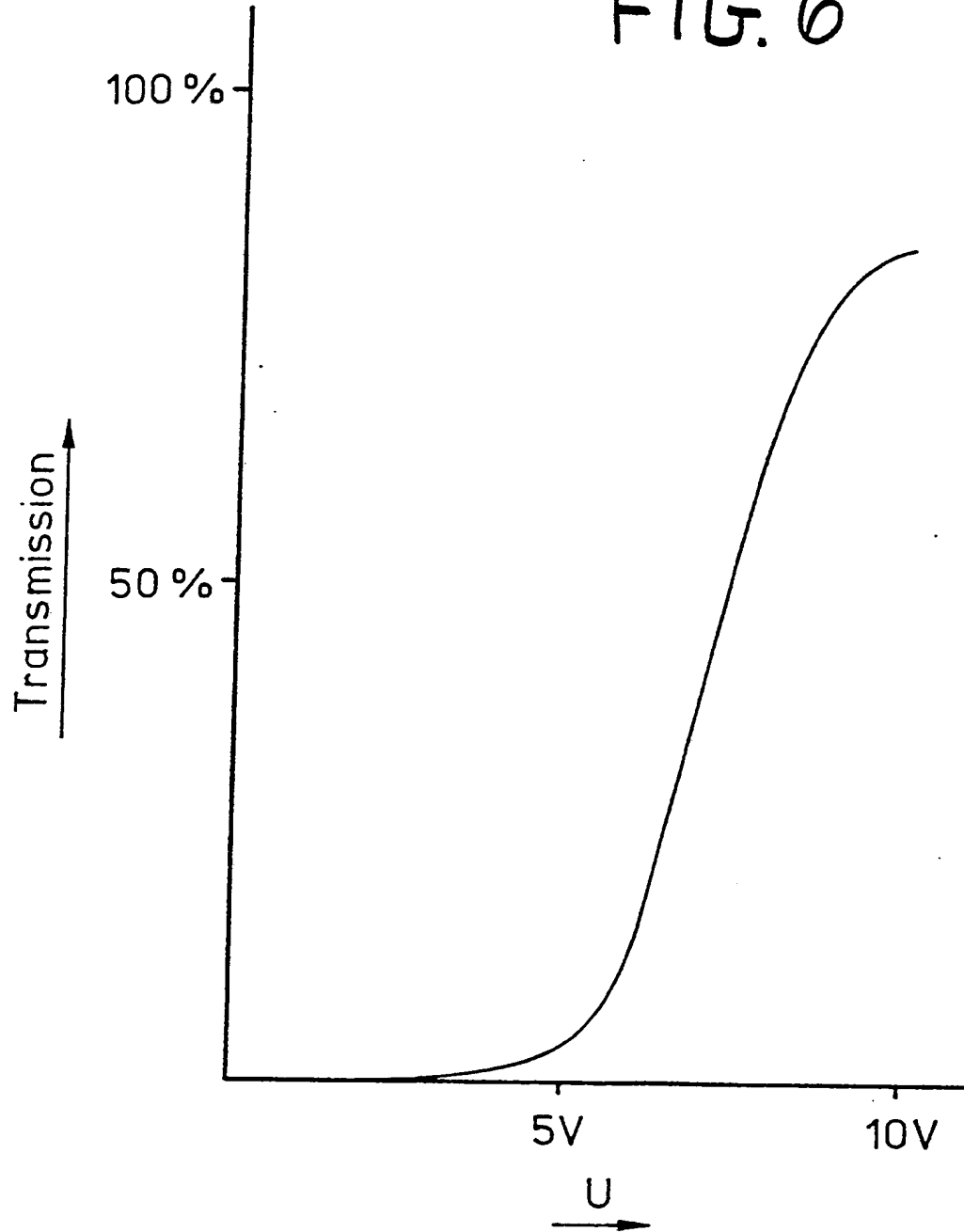


FIG. 5



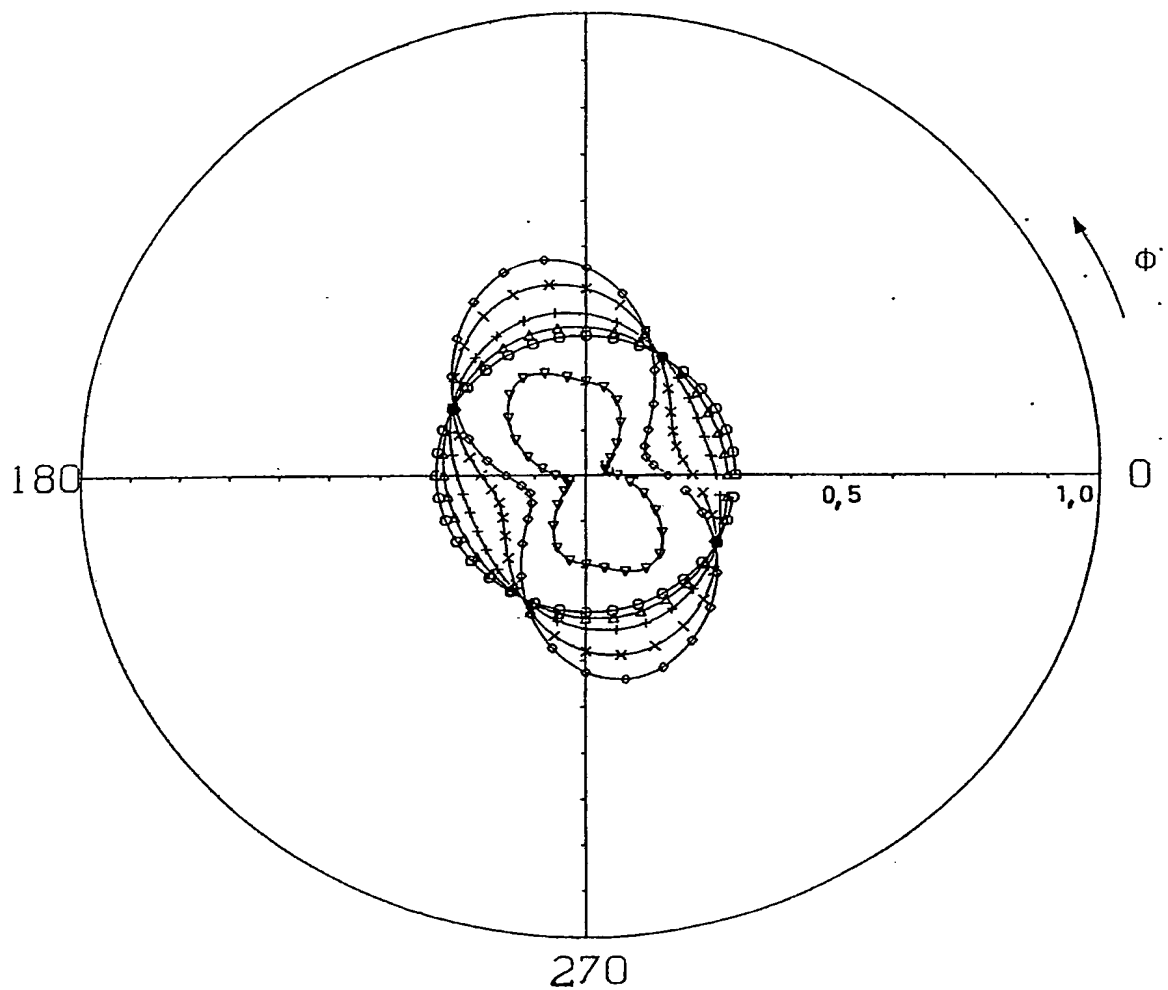
ERSATZBLATT

FIG. 6



7/8

FIG. 7

TRANSMISSION = $f(\theta, \phi)$ $\alpha_0 = 1^\circ$
90

$n_g = 1,5595, d = 8,0 \mu, \lambda = 550 \text{ nm}$
 Pol/An = $0^\circ/90^\circ, n_o = 1,50$

THETA
 o - 10 GRAD
 Δ - 20 GRAD
 + - 30 GRAD
 x - 45 GRAD
 ◊ - 60 GRAD
 ▼ - 80 GRAD

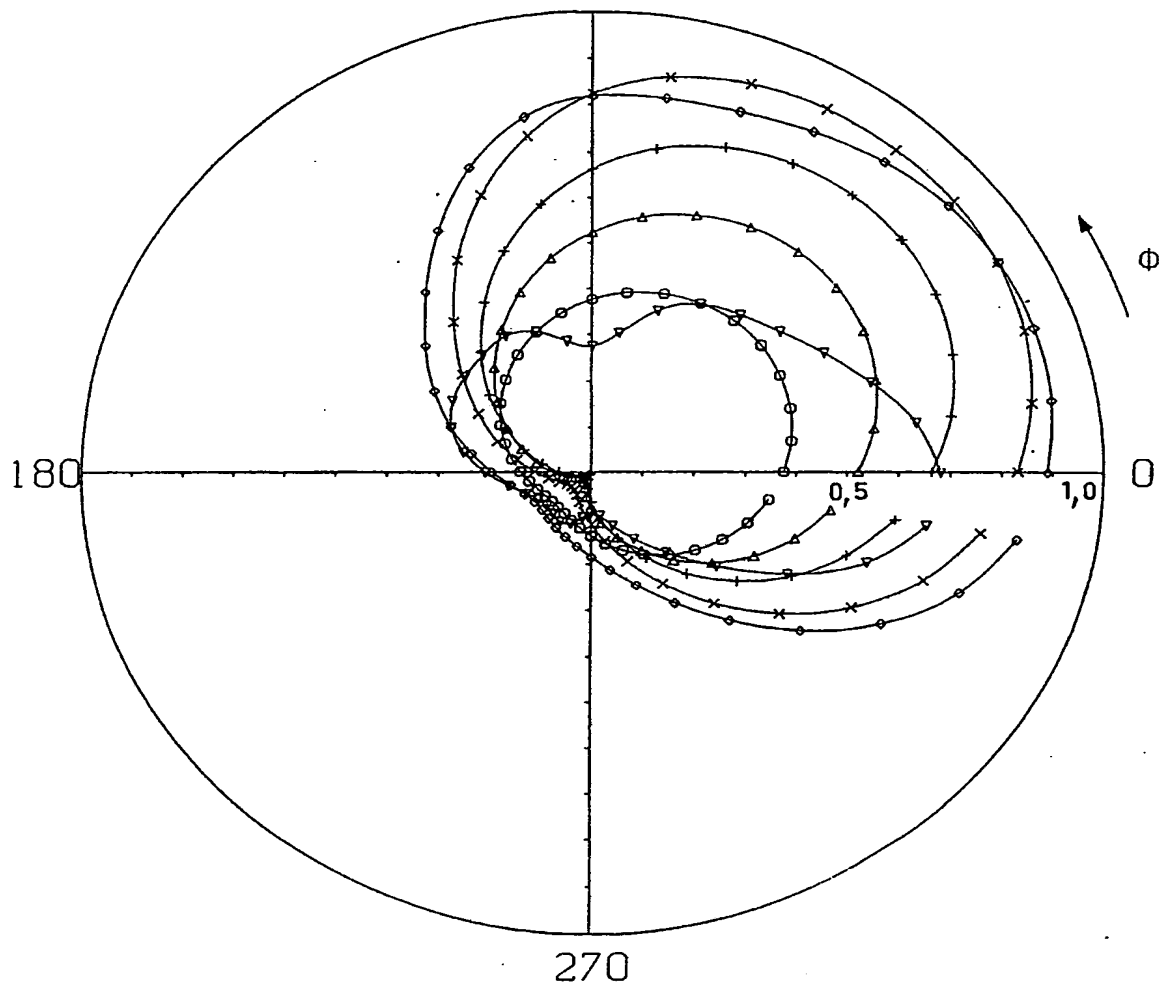
ERSATZBLATT

8/8

FIG. 8

TRANSMISSION = $f(\theta, \phi)$ Twist = 90° , $\alpha_0 = 1^\circ$, $d/p = 0,25$

90



$n_g = 1,5595$, $d = 8,0 \mu$, $\lambda = 550 \text{ nm}$
 Pol/An = $0^\circ/0^\circ$, $n_o = 1,50$

ERSATZBLATT.

THETA
 o - 10 GRAD
 Δ - 20 GRAD
 + - 30 GRAD
 x - 45 GRAD
 ◊ - 60 GRAD
 ▽ - 80 GRAD

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No. PCT/EP 91/00022

| | | |
|--|--|-------------------------------------|
| I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER (If several classification symbols apply, indicate all) * | | |
| According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC | | |
| Int.Cl. ⁵ : G 02 F 1/1343, G 02 F 1/133 | | |
| II. FIELDS SEARCHED | | |
| Minimum Documentation Searched ⁷ | | |
| Classification System | Classification Symbols | |
| Int.Cl. ⁵ : | G 02 F 1/00 | |
| Documentation Searched other than Minimum Documentation to the Extent that such Documents are Included in the Fields Searched * | | |
| III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT * | | |
| Category * | Citation of Document, ¹¹ with indication, where appropriate, of the relevant passages ¹² | Relevant to Claim No. ¹³ |
| A | US, A, 3834794 (R. SOREF) 10 September 1974 see column 5, line 48 - column 6, line 54 | 1, 7-12, 16 |
| A | — | 13-19 |
| X | Journal of Applied Physics, vol. 45, No: 12, December 1974, American Institute of Physics, R.A. Soref: "Field effects in nematic liquid crystals obtained with interdigital electrodes", pages 5466-5468 see the whole document | 1-3, 7-12 |
| A | — | 16, 19 |
| X | Proceedings of the IEEE, December 1974, R. A. Soref: "Interdigital twisted-nematic-displays", pages 1710-1711 see the whole document | 1, 16, 19 |
| <p>* Special categories of cited documents: ¹⁰</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.</p> <p>"Δ" document member of the same patent family</p> | | |
| IV. CERTIFICATION | | |
| Date of the Actual Completion of the International Search | Date of Mailing of this International Search Report | |
| 18 April 1991 (18.04.91) | 12 June 1991 (12.06.91) | |
| International Searching Authority | Signature of Authorized Officer | |
| European Patent Office | | |

**ANNEX TO THE INTERNATIONAL SEARCH REPORT
ON INTERNATIONAL PATENT APPLICATION NO.**

EP 9100022

SA 43556

This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report. The members are as contained in the European Patent Office EDP file on 31/05/91
The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.

| Patent document cited in search report | Publication date | Patent family member(s) | Publication date |
|---|---------------------|----------------------------|---------------------|
| US-A- 3834794 | 10-09-74 | None | |

For more details about this document, see the full text of the patent document.

FD-302a (Rev. 10-6-95)

For more details about this annex : see Official Journal of the European Patent Office, No. 12/82

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen PCT/EP 91/00022

| | | |
|---|---|--|
| I. KLASSEFIZKATION DES ANMELDUNGSGEGENSTANDS (bei mehreren Klassifikationssymbolen sind alle anzugeben) ⁶ | | |
| Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC | | |
| Int.Cl. ⁵ G 02 F 1/1343, G 02 F 1/133 | | |
| II. RECHERCHIERTE SACHGEBIETE | | |
| Recherchierter Mindestprüfstoff ⁷ | | |
| Klassifikationssystem | Klassifikationssymbole | |
| Int.Cl. ⁵ | G 02 F 1/00 | |
| Recherchierte nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Sachgebiete fallen ⁸ | | |
| III. EINSCHLÄGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN⁹ | | |
| Art [*] | Kennzeichnung der Veröffentlichung ¹¹ , soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile ¹² | Betr. Anspruch Nr. ¹³ |
| A | US, A, 3834794 (R. SOREF) 10 September 1974 siehe Spalte 5, Zeile 48 - Spalte 6, Zeile 54 | 1,7-12,16 |
| A | --- | 13,19 |
| X | Journal of Applied Physics, Band 45, Nr. 12, Dezember 1974, American Institute of Physics, R.A. Soref: "Field effects in nematic liquid crystals obtained with interdigital electro- des", Seiten 5466-5468 siehe das ganze Dokument | 1-3,7-12 |
| A | --- | 16,19 |
| ./. | | |
| <p>[*] Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen¹⁰:</p> <p>"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</p> <p>"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)</p> <p>"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</p> <p>"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist</p> <p>"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden</p> <p>"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist</p> <p>"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</p> | | |
| IV. BESCHEINIGUNG | | |
| Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche | | Absenddatum des Internationalen Recherchenberichts |
| 18. April 1991 | | 12. 06. 91 |
| Internationale Recherchenbehörde | | Unterschrift des bevollmächtigten Bediensteten |
| Europäisches Patentamt | | <i>D. Frank</i> Mme Dagmar FRANK |

| III.EINSCHLÄGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN (Fortsetzung von Blatt 2) | | |
|---|---|--------------------|
| Art * | Kennzeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile | Betr. Anspruch Nr. |
| X | Proceedings of the IEEE, Dezember 1974, R.A. Soref: "Interdigital twisted-nematic- displays", Seiten 1710-1711 siehe das ganze Dokument ----- | 1,16,19 |

**ANHANG ZUM INTERNATIONALEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE INTERNATIONALE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 9100022
SA 43556

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten internationalen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am 31/05/91
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

| Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument | Datum der Veröffentlichung | Mitglied(er) der Patentfamilie | Datum der Veröffentlichung |
|---|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| US-A- 3834794 | 10-09-74 | Keine | |
| ----- | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

EPO FORM P0473